学位論文題名

水稻直播栽培と局所施肥管理技術の導入における
普及および環境影響に関する可能性評価

学位論文内容の要旨

本論は、農業試験研究機関で開発される新技術を経済的、環境的に評価するものである。評価の視点としては、研究組織内部において今一番求められている開発技術の普及可能性を明らかにするための経営的評価と、社会的な観点から評価の枠組み作りが急務となっている環境影響評価に関するテクノロジーアセスメントの視点である。評価手法を実際の農業技術の評価への適用に則して検討をおこなっていく。本論では、水稻直播栽培と新たな施肥技術である局所施肥管理技術を分析対象に、これら技術の導入における普及および環境影響に関する可能性評価を課題とする。これらの技術のうち水稻直播栽培については、近年の水田作経営を取り巻く環境の中で生産現場における期待が大きいことを受け、近年における研究開発の動きと普及動向の経緯から普及に関する可能性評価の分析対象とした。また、水稻作における新たな施肥技術である局所施肥管理技術については、近年様々な作物を対象に環境配慮型の新たな施肥技術が開発されていることもあり、かつ環境負荷の程度を制御する要因としてこれが期待できること及び作物別にみた日本の農耕地からの亜酸化窒素の発生量における稲の割合が高いことから、環境負荷軽減に関する可能性評価の分析対象とした。なお、対象地域は日本における主要な稲作地帯である北陸に位置する石川県とする。

技術を普及という観点からみる時、新技術の導入主体がその技術に対してどのような意向を持っているのかを適切に把握し、それを参考に確立すべき技術の内容と水準を見定めることは、技術開発に関わる者にとって重要である。第2章では、生産者の水稻直播栽培に対する導入意向および評価をもとに、その導入における可能性を明らかにした。まず、石川県における水稻直播栽培は、栽培管理の難しさがあるにも関わらず販売面における有利性から‘コシヒカリ’を軸に展開していた。次に、主要作付け品種である‘コシヒカリ’による直播栽培において、多くの生産者が満足するような単収水準はどの程度であるのか判別分析結果をもとに試算し、それを石川県農業総合研究センターで作成したコシヒカリ直播の生育指標における単収水準と比較した。その結果、研究により確立された技術における単収水準では70%ないし80%の生産者が満足することが明らかとなった。この分析結果から着実な技術普及の進展が期待されるが、調査後の石川県内における水稻直播栽培の面積の推移をみると、2001年が279ha、2002年が381ha、2003年が536haと順調に拡大しており、この技術に取り組もうとしている多くの生産者にとって満足できるような水準で技術が確立されたと判断できる。

次に、新技術を社会的な観点からみるならば、その技術の導入が環境負荷に対してどのような影響を及ぼすのかを、経営における導入効果と併せて評価する必要がある。第3章と第4章では、水稻直播栽培における局所施肥管理技術を対象に、それを導入した時のインパクトを経営収支と環境の両面から評価する。ここでは施肥技術を対象としていることから、養分量（窒素）と収量の関係を明らかにする。第3章では、実験圃場データをもとに計測される反応関数の利用について検討をおこなった。まず、反応関数による評価の枠組みを整理した。分析対象技術である局所施肥管理技術の特徴を、緩効性肥料を使用した技術との比較により明らかにした。その結果、①慣行施肥体系と反応関数が同一であること、②地力データを考慮した反応関数を計測する必要があること、の2つの特徴が明らかとなった。次に、水稻直播栽培の実験圃場データをもとに地力を考慮したタイプの異なる反応関数を数理計画モデルにより計測した。計測結果より、反応関数の形状は、Quadratic、Quadratic Square root、Bondorff型といった多項式モデルのグループと、指数関数及び Transcendental モデルのグループでは異なる。この違いは局所施肥管理技術の導入効果にも影響していることが明らかとなった。更に、導入効果の大きさは地力ムラの程度に依存するとともに、効果の程度をみるとコメと肥料の相対価格の関係から収益向上効果よりも施肥量削減効果の方が大きいことが明らかとなった。したがって、どちらを意図した技術の導入であるかにより、導入効果の受け止め方は変わってくると考えられる。

第4章では、第3章で計測した反応関数を活用し、ISO14040に示されたライフサイクルアセスメント（LCA）手法と環境省が示した環境会計の枠組みにより、既存の施肥技術である一律施肥と比較した。局所施肥管理技術の導入が経営収支と温室効果ガスの排出に及ぼすインパクトを数理計画モデルのシミュレーション分析により定量的に評価し、導入における可能性を検討した。まず、一律施肥における温室効果ガスの排出量は、一般的な稲作における中型機械体系を想定した場合、機械施設の燃料消費に伴う温室効果ガスの排出量に匹敵することが明らかとなり、評価対象としての施肥技術の重要性が確認された。また、プロダクト製造工程内における土壌から排出される亜酸化窒素と、工程内の上流域にあたる肥料製造に伴い排出される二酸化炭素の重要性は同等であることから、上流域まで遡ったLCAによる技術評価の重要性を指摘した。

次に、局所施肥管理技術の導入が及ぼすインパクトについてのシミュレーション分析では、導入目的の中に環境に対する配慮があるか否かにより導入インパクトが大きく異なってくる可能性があることを明らかにした。そこでは、まず、単に収益向上を目的とした導入では環境負荷の増大につながる可能性が示唆された。一方、施肥量に制約を加えたシミュレーションでは施肥量を50%減らした場合に削減される温室効果ガスの量は、中型機械体系を想定した場合の機械施設の燃料消費に伴う温室効果ガスの排出量の40~60%に匹敵し、温室効果ガスの排出量削減に対して大きなインパクトがあることが明らかとなった。それと同時に収支にも少なからぬ影響を及ぼすことから、普及の観点からみたこの技術の導入可能性を検討するためには、局所施肥管理技術を体系的に導入した場合に得られる様々な価値を考慮した、より広い視点から分析をおこなう必要があることが定量的に明らかになった。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 出 村 克 彦
副 査 教 授 黒 河 功
副 査 教 授 野 口 伸
副 査 助 教 授 山 本 康 貴

学 位 論 文 題 名

水稻直播栽培と局所施肥管理技術の導入における 普及および環境影響に関する可能性評価

本論文は5章からなり、図22、表10、文献118を含む頁数127の和文論文であり、別に参考論文10篇が付されている。

稲作は市場経済の下で、一層の省力化、コスト削減求められ、また環境負荷の軽減が要請される情勢にあり、新たな稲作技術の開発普及が必要となっている。本論文では、研究組織内部で要求が強い開発技術の普及可能性に関する経営的評価と、社会的な観点から枠組み作りが急務である環境影響評価の手法を、実際の農業技術評価への適用により分析した。

本論文の課題は、水稻直播栽培と稲作の新たな施肥技術である局所施肥管理技術を対象に、これら技術の導入における普及および環境影響に関する可能性評価をおこなうものである。水稻直播栽培は近年の水田作経営を取り巻く経営環境の中で生産現場における期待が大きいため、開発技術の普及経緯から普及における可能性評価を分析した。一方、局所施肥管理技術については、環境配慮型の新たな施肥技術が環境負荷の制御要因として期待できる。日本の農耕地からの亜酸化窒素発生量における稲の割合が高く、環境影響に関する評価を分析することは重要である。なお、分析対象地域は主要な稲作地帯である北陸に位置する石川県である。

技術を普及という観点からみる時、生産者の技術に対する意向を適切に把握し、そこから確立すべき技術内容を見定めることは、技術開発者にとって重要である。第2章では、生産者の水稻直播栽培に対する導入意向と評価をもとに、その普及可能性を明らかにした。まず、石川県における水稻直播栽培は、栽培管理の難しさにも関わらず販売面の有利性から‘コシヒカリ’を軸に展開してきた。コシヒカリ直播において、多くの生産者が満足する単収水準を判別分析結果をもとに試算し、それを県が作成したコシヒカリ直播の生育指標と比較した。その結果、生育指標における単収水準では70～80%の生産者が満足することが明らかとなった。技術普及の進展が期待されるが、この結果は調査後の県内における水稻直播栽培実施面積の順調な拡大傾向と整合している。

次に、第 3 章と第 4 章では、水稻直播栽培における局所施肥管理技術を対象に、それを導入した時のインパクトを経営収支と環境の両面から評価した。第 3 章では養分量（窒素）と収量の関係を明らかにするため、実験圃場データをもとに計測される反応関数の利用について検討した。まず、反応関数による評価の枠組み整理より、局所施肥管理技術の評価では、①慣行施肥体系と反応関数が同一であることと、②地力データを考慮する必要があることを明らかにした。次に、地力を考慮したタイプの異なる反応関数を数理計画モデルにより計測した。その結果、反応関数の形状は多項式モデルのグループと指数関数及び Transcendental モデルのグループで異なり、この違いは局所施肥管理技術の導入効果にも影響していた。更に、導入効果の大きさは地力ムラの程度に依存するとともに、収益向上効果より施肥量削減効果の方が大きいことが明らかとなった。したがって施肥量を削減するための手段として、この技術が導入された場合には、その効果に対する評価は高まるものと期待される。

第 4 章では、第 3 章で計測した反応関数と、ISO 14040 に示されたライフサイクルアセスメント（LCA）及び環境省が示した環境会計の枠組みを用いて、施肥技術が収支と温室効果ガスの排出に及ぼすインパクトを数理計画モデルにより評価した。まず、既存の施肥技術における温室効果ガスの排出量は、稲作中型機械体系における機械施設の燃料消費に伴う温室効果ガスの排出量に匹敵することが明らかとなり、評価対象としての施肥技術の重要性が確認された。また、二酸化炭素等量に換算した土壌から排出される亜酸化窒素と肥料製造に伴い排出される二酸化炭素量はほぼ同量であることから、事業エリアの上流域まで遡った LCA による技術評価の重要性を指摘した。次に、局所施肥管理技術の導入においては、導入目的の中に環境に対する配慮があるか否かにより、インパクトが大きく異なることを明らかにした。まず、単に収益向上を目的とした導入では環境負荷の増大につながる可能性が示唆された。一方、施肥量 50 % 減の制約を加えた場合に削減される温室効果ガスの排出量は、先の中型機械体系における排出量の 40 ~ 60 % に匹敵し、インパクトの大きさから、環境負荷の軽減を目的としたこの技術導入の有効性が確認された。また、導入目的によりインパクトが大きく異なることから、如何なる目的において技術を導入するののかという意思決定と関連付けた技術評価の重要性が指摘される。

以上、本論文は今後求められる稲作技術である水稻直播栽培の普及可能性を、定量的に評価し、また精密農業技術である局所施肥管理技術の環境評価を行ったものであり、稲作新技術に対する研究・普及の応用面及び学術面から高く評価できる。

よって審査員一同は、工藤卓雄が博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。